

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-073994

(43)Date of publication of application : 17.03.1995

(51)Int.Cl.

H05H 1/24
C23C 16/50
C23G 5/00
H01L 21/3065

(21)Application number : 06-159932

(71)Applicant : BOC GROUP INC:THE

(22)Date of filing : 12.07.1994

(72)Inventor : JANSEN FRANK
KROMMENHOEK STEVEN K
BELKIND ABRAHAM I
ORBAN JR ZOLTAN

(30)Priority

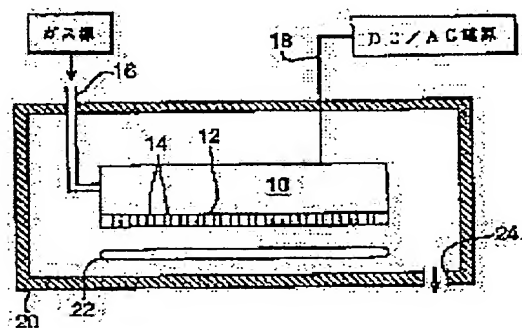
Priority number : 93 89875 Priority date : 12.07.1993 Priority country : US

(54) HOLLOW CATHODE ARRAY AND METHOD OF CLEANING SHEET STOCK THEREWITH

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a hollow cathode array used to remove a coating substance on the surface of a substrate.

CONSTITUTION: A hollow cathode array 2 is composed of a housing 10, connected with a plasma precursor gas supply source and a power supply 18, which is arranged in a vacuum. Multiple openings 14 are installed on the wall of the housing at equal intervals, and plasma is generated through the openings. A substrate 22 which should be processed is arranged parallel to the openings 14 at a specified distance. By this composition, two or more plasma torches are generated and extend from the openings 14. As a result, a coating substance of the substrate 22 is removed by plasma etching.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-73994

(43) 公開日 平成7年(1995)3月17日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 5 H 1/24		9014-2G		
C 2 3 C 16/50				
C 2 3 G 5/00		9352-4K		
H 0 1 L 21/3065				

H 0 1 L 21/ 302 B
審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平6-159932

(22) 出願日 平成6年(1994)7月12日

(31) 優先権主張番号 08/089875

(32) 優先日 1993年7月12日

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 591021833

ザ ビーオーシー グループ インコーポ
レイテッド

アメリカ合衆国 ニュージャージー州
07974ニュー プロヴィデンス マーリー
ヒル マウンテン アベニュー 575

(72) 発明者 フランク ジャンセン

アメリカ合衆国 カリフォルニア州
94598 ウォルナット クリーク ドーヴ
アー ドライヴ 501

(74) 代理人 弁理士 中村 稔 (外6名)

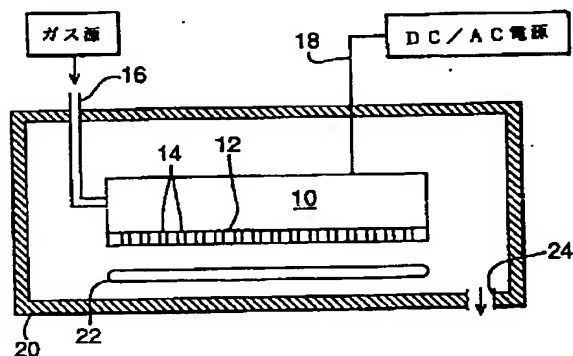
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 中空陰極アレイおよびこれを用いた表面処理方法

(57) 【要約】

【目的】 基板表面の被覆物を除去するのに用いる中空陰極アレイを開示する。

【構成】 中空陰極アレイ2は、プラズマ前駆体ガス供給源および電源18とに接続されたハウジング10から構成され、これが真空中に配置される。上記ハウジングの壁には等間隔に複数の開口14が設けられており、この開口を介してプラズマが生成されるようになされている。処理すべき基板22は、上記開口に対して平行に所定の距離を隔てて配置される。上記の構成によって、複数のプラズマトーチが生成されて上記開口から延び、これによって上記基板の被覆物をプラズマエッチングして除去する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 壁に複数の開口が間隔をおいて設けられたハウジングであって、真空中において作動されたときに上記の開口からプラズマが生成されて放出されるように上記の開口の大きさと上記ハウジングの厚さが選択されており、プラズマ前駆態ガスを上記ハウジングに供給するための手段；及び上記ハウジングに電力を供給するための手段とを具備していることを特徴とする中空陰極アレイ。

【請求項2】 少なくとも1つのマグネットアセンブリを基板の近く、あるいはハウジングの近くに設置し、プラズマが上記の開口から放出される際にプラズマを収束させるようになされていることを特徴とする請求項1に記載の中空陰極アレイ。

【請求項3】 上記の電力供給手段がDC電源であることを特徴とする請求項1または2に記載の中空陰極アレイ。

【請求項4】 2つの隣接した中空陰極アレイが絶縁トランスの2次コイルに接続されており、上記電力供給手段が60kHzから100kHzの範囲の周波数を有するAC電源であることを特徴とする請求項1または2に記載の中空陰極アレイ。

【請求項5】 (a)プラズマ前駆態ガスを供給するステップ；(b)壁に複数の開口が間隔をおいて設けられ該開口からプラズマ放電が放出されるようになされたハウジングによって構成された中空陰極アレイに対して電力を供給することによって、プラズマを生成させるステップ；及び(c)表面を上記プラズマに対してさらすステップとを含むことを特徴とする真空中において表面を処理する方法。

【請求項6】 処理を行うべき表面が真空チャンパー内に上記の開口と平行に所定の距離を隔てて配置されていることを特徴とする請求項5に記載の方法。

【請求項7】 上記表面の近く、または上記ハウジングの近くに配置された少なくとも1つのマグネットアセンブリを用いて、プラズマが上記の開口から放出される際にプラズマを収束させるステップをさらに含むことを特徴とする請求項5または6に記載の方法。

【請求項8】 上記表面が金属シート表面であり、また、上記金属シート表面を熱処理して上記シートの表面の低分子量物質を揮発させるステップをさらに含むことを特徴とする請求項5、6または7に記載の方法。

【請求項9】 上記表面がアルミニウムであることを特徴とする請求項5乃至8のいずれかに記載の方法。

【請求項10】 上記プラズマ前駆態ガスが酸素を含んでいることを特徴とすることを特徴とする請求項5乃至9のいずれかに記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は新奇な中空陰極アレイに関するものであり、特に、プラズマを生成するための中空陰極アレイ、およびこれを用いた基板表面処理方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】冷間圧延鋼、ステンレス鋼、あるいはその他の鉄素材や鉄合金、アルミニウムおよびアルミニウム合金箔およびシート素材、銅および銅合金やシート素材などの金属シート素材は、圧力伝達媒体に油（「圧延油」）を用いて薄い標準規格に圧延することによって作成される。また、保存中において金属が雰囲気中の酸素あるいは水分にさらされて酸化されるのを防ぐために、オイル、グリース、あるいはその他の炭化水素（「輸送油」）で覆うことが行われる。しかし、これらの被覆物は塗料やクロムなどの恒久的な被覆を行う際に、除去する必要がある。炭化水素を含む有機材料が塗布された鋼板は、テトラクロロエチレンなどの溶剤に浸して洗浄を行うことによって清浄にすることが可能であるが、このような溶剤は、安全上の理由から廃棄が非常に難しくまた高価になってきている。一方、プラズマ洗浄を用いて酸化物あるいは炭化水素などの物質を金属表面から除去することも可能である。しかし、この方法は一般に高価であり、また大型のシート状の材料を通常のプラズマエッチ装置内で実用的な速度で処理することは不可能である。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】このような理由から、シート状金属素材をプラズマを用いて洗浄し有機物あるいはその他の被覆物をすばやく安価に除去する実用的な方法の探求が続けられている。本発明は、このような手段と方法とを提供せんとするものである。

【0004】

【課題を解決するための手段】我々は、中空陰極アレイを作成し、これをプラズマ源として用いるとシート状金属素材を含むいろいろな材料の表面を処理を行うことが有効であることを見いだした。このような用途に効果的に用い得る中空陰極アレイシステムは、その1つの壁に沿って等間隔に複数の開口が開けられたハウジングから構成される。これらの開口の大きさとハウジングの壁の厚さは、これらの開口の中でプラズマが生成されて、生成されたプラズマが開口から放出され、これによって実効的に中空陰極アレイが形成されるように選定される。この中空陰極アレイは、真空チャンパー内に設置される。処理しようとする基板は、この中空陰極アレイの開口と平行に、所定の距離を隔てて配置される。マグネットアセンブリを基板の下部あるいは上部に配置して磁氣的増強を行うことによって、プラズマが開口から放出されるときに、プラズマを収束させるようにできる。あるいは、互いに逆極性のマグネットアセンブリを基板の下部とハウジングの上部に配置するようにしてよい。

【0005】本発明の中空陰極アレイを用い、DCあるいはAC電源に接続されたハウジング内に適当なプラズマ前駆態ガスを通過させながら、シート素材を中空陰極アレイ下部を通過させることによってシート状材料の洗浄を行うことが可能である。電力およびガス流量は、ハウジングの全ての開口において強固なプラズマ放電が起こるように調節される。本発明の中空陰極アレイは、開口の直径と間隔、開口の部分のハウジングの厚さ、中空陰極ハウジング内部のガス圧力とパワーとを適当に選択することによって、どのような大きさにもすることができる。従って、酸化物および炭化水素を含む表面物質を腐食する、あるいはこれと反応を起こすプラズマ前駆態ガスをを用いて、圧延金属素材や箔などの幅広いのシート状材料を均一にプラズマ処理し、シート表面からこれらの表面物質を除去することが可能である。

【0006】

【実施例】図面を参照した説明においては、同様の部分は、同様の参照を用いる。この発明の目的に適した中空陰極アレイについて、図1を参照しながら説明する。中空陰極アレイ2は、底板12を有するハウジング10から構成されており、この底板12には、等間隔に複数の開口が貫通して設けられている。また、吸入口17からハウジング10内にプラズマ前駆態ガスが供給されるようになされている。また、ハウジング10には電源18が接続されている。ハウジング10は、真空チャンパー内に図2に示したように配置される。また、処理すべき基板22は、底板12の下部にこれと平行に置かれる。基板22をコンベアにのせて、1つあるいはそれ以上の底板12の下部を通過させるようにすることもできる。あるいは、真空チャンパー20の内部あるいは外部に配置されたリールからストリップ状の金属素材を供給して1つあるいはそれ以上の底板12の下部を通過させた後に別のリールに巻取るようにすることによって基板の供給を行うようにすることも可能である。リールを真空チャンパー20の外に配置した場合には、ストリップ状金属の真空チャンパー20の内外への出し入れは、既知の精巧なエアロック技術を用いて行う。真空チャンパー20は、真空ポンプ（図示せず）に接続された排出口24を有している。

【0007】図3は、図1の真空チャンパー内に配置された中空陰極の他の実施例を示したものであり、基板22をプラズマエッチする速度を速めるためにマグネットアセンブリ26が設けられている。基板22の下部あるいは上部に配置されたマグネットアセンブリ26は、開口14中に生成されたプラズマを基板22に向かって収束させ、またさらに、プラズマ中の反応性粒子の比率を増大させて、与えられた中空陰極構造とパワーにおいてエッチ速度を増大させる働きを有する。マグネットアセンブリ26は、基板22の下部あるいは上部に配置する

ようにもできるし、あるいは、第1のマグネットアセンブリ26を基板22の下部に配置し、第2のマグネットアセンブリ28をハウジング10の上部に配置するようにもできる。後者の場合には、マグネットアセンブリ26と28は互いに逆の極性となるようになされる。マグネットアセンブリ26および28は、例えば複数の棒磁石を用いて構成することができる。本発明の中空陰極をマグネットによって増強することによって得られる改良された結果について以下にさらに説明する。上記の装置が中空陰極アレイとして機能するには、放電パワーあるいは放電電流、およびガス流量のいずれもが、ハウジング10の大きさ、および底板12の開口の直径と長さによって定まる最小レベルよりも大きくなっていることが必要である。

【0008】パワーが低すぎる場合には、例えばおよそ500W以下であると、ハウジングがグロー放電電極棒として働き、放電電圧はパワーの増大に従って著しい増大を示す。底板の長さが16インチ（40.64センチ）で、厚さが1/4インチ（0.64センチ）、また底板に0.5インチ（1.27センチ）の間隔で直径1/16インチ（0.16センチ）の開口が32個設けられている場合では、パワーをおよそ500W以上まで増大させると、チューブは中空陰極モードに切り替わるが、このパワーレベルでは、プラズマ放電は安定ではなく、すべての開口において同じ放電強度が得られるわけではなく、放電ゆらぎが見られる。しかし、パワーが1500Wを超えると、プラズマ放電は、安定となり、強固な放電がすべての開口から放出されるのが見られる。さらにパワーが増大すると、平面強度がさらに増加していく。一般には、パワーレベルがおよそ3kWであるときに安定な中空陰極放電動作が得られる。これよりさらにパワーを増大するには、ハウジングを十分に冷却して開口の内部でアーク放電が起こるのを防ぐようにする必要がある。この中空陰極アレイにおいては、中空陰極ハウジング内にプラズマ前駆態ガスをあらかじめ定められた流量だけ流すことによって、中空陰極の開口の上部に圧力差が保持される。中空陰極が正しく動作するには、ハウジング内の前駆態ガスの圧力が最低必要な値以上となっていることが必要である。

【0009】必要最小圧力は、底板12に設けられた開口の直径に依存する。各開口14の直径は、グロー放電における陰極暗黒部の大きさの少なくとも2倍となっていることが必要である。陰極暗黒部の大きさは、圧力に反比例するので、圧力が大きくなるほど、暗黒部は小さくなり、従って開口14お大きさを小さくすることができ、しかも開口を小さくしてもすべての開口14の内部で放電が開始するようにできる。望ましくは、例えば、ハウジング内のガス圧力が一般にはおよそ0.1からおよそ5.0 Torrとなるように充分な流量のガスを流す必要がある。圧力がこのような値、あるいはこれ以上となると、放電の暗黒部が非常に小さくなり、従って放電を例

例えば1/16インチ(0.16センチ)の直径の開口の内部で起こすことが可能となる。本発明の中空陰極アレイのハウジングは、例えば、アルミニウム、チタン、ステンレス鋼、銅、タングステン、プラチナ、クロム、ニッケル、ジルコニウム、モリブデン、などの金属、あるいはこれらの合金、またはこれらと他の既知の元素との合金を用いて作成することができ、その1つの壁の長さ方向には等間隔に複数の開口を設ける。また、ハウジングは、図1に示されているように、その断面の開口部分に底板を結合することによって作成することができる。開口の直径はいろいろに設定することが可能である、後の具体例でさらに説明するように、厚さが1/8インチのステンレス鋼の底板を用いて直径が約1/16インチ(約0.16センチ)の開口を設けると非常に良い結果が得られる。

【0010】用いるプラズマ前駆態ガスはプラズマによってどのような処理をしようとしているかに従って選択する。洗浄処理に対しては、プラズマ前駆態ガスとして、例えば、窒素、水素、酸素、オゾン、亜酸化窒素、アルゴン、ヘリウムなどのガス、あるいは、空気(酸素と窒素の混合ガス)、酸素と水素の混合ガス、酸素とヘリウムの混合ガスなどの混合ガスを用いることができる。その他の既知の腐食ガス、例えばハロゲン化物、ハロゲン化炭素をプラズマ前駆態ガスとして採用することもできる。エッチ洗浄によって表面の炭化水素を除去するには、反応性酸素(励起状態の分子あるいは原子)をハウジングの開口に形成させて、油などの炭化水素分子と反応させ、これを細分子構造に分解すると、細分子構造は元の炭化水素よりも一般に揮発性が高く、少なくともより容易に蒸発させることができ、生成された揮発性物質はシステムの排気系に排出される。基板の良好な洗浄を達成するために考慮すべき他の要因として、基板22と、底板12の下部から放出される放電部との間の距離、すなわち図4に示されているプラズマ放電トーチ長30がある。ハウジング10の内部の圧力が高過ぎると、プラズマ放電放長、すなわちトーチ30が非常に短くなる。底板12と基板22との間の距離dは、良好な洗浄が可能な距離の範囲内となっている必要がある。好適な距離は約0.5インチ(約1.27センチ)から1.5インチ(約3.81センチ)である。

【0011】ハウジング12の温度を制御するために、中空陰極アレイを水冷ジャケットあるいはその他の既知の冷却手段で包むようにすることができる。水冷ジャケットは、ハウジング10、あるいは底板12、またはこれらの両方に装着させることができる。また、ガスおよび水ミスト冷却手段を用いてハウジング10と底板12の温度調節を行うようにすることも可能である。底板12の温度を下げることによって、より大きなパワーを中空陰極アレイ2に加えることが可能となり、従って、洗浄すべき基板をより高速に移動させることが可能とな

る。圧延素材を中空陰極アレイの下部をさらに高速で通過させるためには、処理しようとしている金属素材を接地することが有効である。このようにすると、陰極に印可されたパワーが基板を介して消費されるために、プラズマによって基板温度が上昇する。このように基板温度が上昇することによって低分子量の炭化水素の揮発が加速される。このように、金属シートを接地し、またパワーを増大させることによってプラズマ洗浄を行おうとしている金属シートをより高速で通過させるようにすることができる。ただし、このようにするには底板あるいはハウジングを十分に冷却することが必要である。本発明の中空陰極アレイを複数用いた場合には、300フィート/分以上のコンベア速度を容易に達成することが可能である。

【0012】中空陰極アレイ2を2個以上組み合わせた場合には、単相AC電源を用いて絶縁トランスの2次コイルをこれらの2つの陰極に接続させるようにすることができる。このとき、2次コイルの中間点は、適当なインピーダンスを介して接地することもできるし、あるいは直接に接地することもできる。または全く接続しなくともよい。図5において、2つの中空陰極110Aおよび110Bがトランス132の2次コイル130に接続されている。2次コイル130の中間点134はインピーダンス136を介して接地されている。このインピーダンスの大きさを変えてプラズマ電位を変化させ、接地された基板120に対するイオン衝撃強度を制御することができる。AC電源の周波数は例えばおよそ50Hzからおよそ50MHzの範囲とすることが可能であるが、もし可能であればおよそ60-100kHzの周波数を用いるようにするのが好適である。次に、具体例を示しながら本発明をさらに説明する。ただし、これらの具体例だけに本発明が限定されるものではない。

【0013】

【例1】厚さが1/8インチ(0.32センチ)で、長さが16インチ(40.64センチ)のステンレス鋼の底板に65個の1/16インチ(0.16センチ)の開口を1/8インチ(0.32センチ)間隔で設けた図3に示したような構造の中空陰極アレイを用いた。基板を底板の1インチ下の位置に、電氣的に浮遊状態で配置し、この基板の1インチ下の位置に、3つのマグネットを1組とする8組のマグネットを1列に並べたマグネットアセンブリ26を設置した。このようにすることによって、およそ250ガウスの磁界を底板12の上部に発生させることができる。真空チャンパー20内を真空に引いてから、酸素ガスをハウジング10内に流した。チャンパー内の圧力は0.6 Torrに維持した。DC電源を用いた1.2から6A電流を流し、65個のすべての開口において安定な中空陰極プラズマ放電を得ることができた。上記の中空陰極アレイを用いて、5ミルの厚さのアルミニウム箔のプラズマ洗浄を行った。処理されたア

ルミニウム箔の洗浄効果は、純水に対する接触角を測定することによって評価した。ガラス基板上にスパッタさせた純粋なアルミニウムの場合には、接触角はおよそ3度となるが、未処理のアルミニウム箔の場合には表面に炭化水素が付着しているために接触角はおよそ85度から95度となる。接触角がおよそ10度以下であれば、表面は非常に望ましい清浄な状態となっている。

【0014】アルミニウム箔を中空陰極の下部をいろいろな速度で通過させた。その結果は図6に示されている。図6は、接触角と分/インチを単位としたライン速度との関係をグラフとして示したものである。ライン速度を下げると、箔が中空陰極アレイからのプラズマにさらされる時間が長くなる。このとき、予想される通り、接触角は小さくなる。すなわち箔はより良く洗浄される。図6において、Aは処理前のアルミニウム箔の接触*

*角である。直線Bは、電気的に浮遊状態とされたステンレス鋼製の底板を用いたDCパワーを印可した場合において得られる接触角を示している。直線Cは、ステンレス鋼製の底板を接地してDCパワーを印可した場合において得られる接触角を示している。また直線Dは、接地されたアルミニウム製の底板を用いてACパワーを印可した場合の接触角を示したものである。ライン速度を1フィート/分として2kWのDCパワーを印可した場合に非常に優れた結果が得られているが、このライン速度はやや遅い。ライン速度を上げるには、中空陰極アレイに印可するパワーをさらに増大することが必要である。次の表Iはいろいろなパワーレベルとライン速度における電気的に浮遊状態としたアルミニウムシートに対する接触角をまとめて示したものである。

【0015】

表 I

試料	パワー (kW)	コンベア速度 (in/min)	プラズマ暴露量 (W・min/in)	接触角 (度)
1	1.06	200	5.3	22±3
2	1.06	100	10.6	18±3
3	2.17	100	21.7	11±3
4	2.17	23.5	173.6	0

プラズマ暴露量を21.7W・min/inとすると、受け入れ可能な接触角度である10度に近い接触角が得られた。

【0016】

【例2】この例では、中空陰極アレイに印可するパワーを変化させたときにプラズマ強度の変化がどのようになるかをマグネット増強を行った場合と行わない場合の両方に対して示す。例1の中空陰極（システムA）を用いた場合に、酸素プラズマによって生成される原子酸素量を酸素発光強度（777nm）を測定することによっていろいろなパワーレベルに対して求めた。DC電源を用いた場合では、1/8インチ（0.32センチ）の厚さのステンレス鋼製の底板に直径1/16（0.16センチ）インチの開口を設けたものを用いて、チャンバー圧力を0.3 Torrとしたときに、最も高い発光が見られた。1/2インチ（1.27センチ）間隔の32個の開口を有する底板（システムB）を用いた場合にも、同様な結果が得られた。図7は、発光スペクトル強度を陰極パワーの関数として、マグネットを用いない場合（図7A）、基板下部に単一マグネットアセンブリを配置した場合（図7B）、2組のマグネットアセンブリのうち1つを基板下部に他方をハウジング上部に配置した場合（図7C）についてグラフ表示したものである。これらから明らかなように、マグネットアセンブリを用いることによって原子酸素の生成が約2倍に増大される。また図7A、7B、7Cから、65個の開口のアレイ（システムA）内に中空陰極放電を維持するためには（黒つぶ

しの円）、32個の開口のアレイ（システムB）における場合（白抜きの円）よりも、より大きな陰極パワーを印可することが必要であることがわかる。

【0017】

【例3】1/4インチ（0.64センチ）の厚さのアルミニウムに32個の3/32（0.24センチ）インチの直径の開口を設けた底板を用い、約0.3 Torrから0.6 Torrの間のいろいろな圧力において、500Wから3000Wの範囲のACパワーを印可して、中空陰極放電を起こさせた。このときの原子酸素線強度と、パワーとの関係は、ステンレス鋼製の底板を用いてDCパワーを印可した場合と同様であった。図8Aは、いろいろな圧力における原子酸素ピーク強度を、アルミニウム底板を用いて90kHzのACパワーを印可した場合（白抜きの円）と、1/8インチ（0.32センチ）の厚さのステンレス鋼に1/16インチ（0.16センチ）の直径の開口を設けた底板にDCパワーを印可した場合（黒つぶしの円）とについて比較した結果を示したものである。図8Bは、同様な比較を基板の下部にマグネットを配置した場合について行った結果を示したものである。図8Cは、同様な比較を基板の下部と中空陰極の上部の両方にマグネットを配置した場合について行った結果を示したものである。

【0018】60-100kHzの範囲の周波数のACパワーを印可した場合に原子酸素線発光強度が最も強くなった。また、マグネットアセンブリを用いることによって発光強度が増大されている。次の表IIは、アルミニ

ウム箔を接地した場合において、いろいろなパワーとラ
イン速度に対する接触角についてのデータをまとめたも*

表 II

試料	パワー (kW)	コンベア速度 (in/min)	プラズマ暴露量 (W・min/in)	接触角 (度)
5	1.06	200	5.3	8 ± 2
6	0.83	100	8.3	5 ± 2
7	1.06	100	10.6	3 ± 2
8	2.17	100	21.7	0

プラズマ暴露量を21.7 W・min/inとした場合には、接触角が0度となった。また、コンベア速度を200 in/minとし、プラズマ暴露量を5.3 W・min/inとした場合において、実用上において十分に良好な接触角である8度が得られている。また、アルミニウム箔を接地すると接触角が減少すること、すなわち箔が※

※より良く洗浄されることも明らかである。

【0019】

【例4】例3における洗浄処理をACハウジングを変えて、接地したアルミニウム箔に対して再度行った。その接触角に関するデータを次の表 IIIに示す。

表 III

試料	パワー (kW)	コンベア速度 (in/min)	プラズマ暴露量 (W・min/in)	接触角 (度)
9	0.50	200	2.5	7 ± 2
10	0.50	100	5.0	4 ± 2
11	1.00	100	10.0	2 ± 2
12	2.00	100	20	0

表III から、コンベア速度を200 in/minとしたとき、2.5 W・min/inの小さなプラズマ暴露量で実用上十分に良好な接触角が得られていることがわかう。炭化水素が被覆されている金属シートあるいは箔に対して、熱処理を前処理として行ってから上記のプラズマ処理を行うようにすることも可能である。熱処理を行うことによって、低分子量のオイル分子を揮発させることができる。この揮発化ステップに続いて本発明による中空陰極アレイを用いたプラズマ洗浄を行う。炭化水素素オイルは1 mg/cm²/min/kWの速度で除去される。

【0020】以上の例においては前駆態ガスとして酸素を用いたが、その他のガス、例えば、窒素、空気、水蒸気、水素、あるいはこれらとフッ化ガスとの混合あるいはアルゴンなどの不活性混合との混合、または上記のガスの任意に組み合わせ、例えば空気や、酸素とアルゴンとの混合ガスを用いるようにすることも可能である。また、水素あるいは水素を含む混合ガスなどの還元性ガスを用いると、アルミニウムなどの金属シートから酸化物を除去することが可能である。基板からハウジングの開口までの相対距離は、ハウジングの材料に応じて変えることができる。ハウジングを構成する金属材料は、電源としてAC電源を用いるのかあるいはAC電源を用いるのか、またマグネットによる増強を行うのかどうかに応じていろいろに変えることができる。一般に、基板位置が中空陰極の開口から遠ざかるに従って、エッチング速

度が小さくなる。従って、基板と中空陰極開口との距離は、一般には約0.5から1.5インチ(1.27から3.81センチ)の範囲に維持される。基板の下部にマグネットを配置することによって、開口から放出されるプラズマの収束性が向上する。従って、マグネットを用いた場合には基板と開口との距離をさらに大きくすることが可能である。マグネット増強を採用し、ガスの圧力を低くしたときに、より安定な中空陰極の性能がよりあつていとなり、このときの、中空陰極アレイの開口と基板との間の好適な距離はおおよそ1.0インチである。

【0021】また、本発明の中空陰極アレイは、形状加工がなされた基板を収納するのに適した形状に加工することも可能である。図9は、半円状の基板22と、やはり半円状の中空陰極ハウジング10とを示したものであり、この場合においても基板22とトーチとの間隔は一定に維持されている。基板および中空陰極アレイハウジングは、例えば、湾曲形状、リング形状、長方形などの任意の形状とすることが可能であることは明らかであろう。ただし、中空陰極ハウジング10と基板の両方ともが互いに整合した形状となっており、基板22と開口14のアレイとの間の距離が均一となっていることが必要である。また、上記のエッチングガスの代わりに堆積ガスをを用いると、本発明の中空陰極アレイをプラズマCVD(化学蒸着)プロセスに用いることも可能である。すなわち、適当な堆積前駆態ガスを用いてプラズマを生成させ、上記の金属シートを含めたいろいろな基板上にい

ろいろな膜を堆積させたり、あるいは被覆させたりすることができる。以上、本発明を具体的な例に基づいて説明したが、本発明は、これらの具体例のみに限定されるものではなく、これらと等価な材料、構成要素をも含むものである。例えば、適当なプラズマ前駆態ガスと適当な反応条件を用いて、その他のいろいろなプラズマ処理を行うことが可能である。さらに、以上に説明した金属シート素材を、その他のいろいろな基板、例えば、高分子フィルムやガラス板などに置き換えることも可能である。従って、本発明は、特許請求の範囲の記載によって

定義されるものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、本発明による装置の分解組立図である。

【図2】図2は、真空チャンバー内に設置された中空陰極アレイの断面を示した概略図である。

【図3】図3は、真空チャンバー内に設置された、他の実施例による中空陰極アレイの断面を示した概略図である。

【図4】図4は、中空陰極の1つの開口と基板、およびこれらの間に生成されたプラズマ放電を示した概略図である。

*

*【図5】図5は、絶縁性基板に対する洗浄を可能とするAC電源接続を示した概略図である。

【図6】図6は、プラズマ暴露量と接触角(度)との関係を表したグラフである。

【図7】図7は、原子酸素発光と陰極パワーとの関係を、マグネット増強を行った場合と行わなかった場合の両方について示したグラフである。

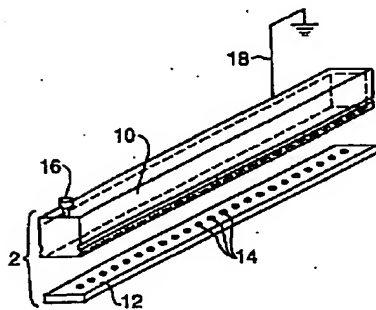
【図8】図8は、原子酸素発光と陰極パワーとの関係を、マグネット増強を行った場合と行わなかった場合について、またDCパワーおよびACパワーを印可した場合について、真空チャンバー内のいろいろなガス圧力に対して示したグラフである。

【図9】図9は、他の実施例による、湾曲した底板を有する中空陰極アレイの断面図である。

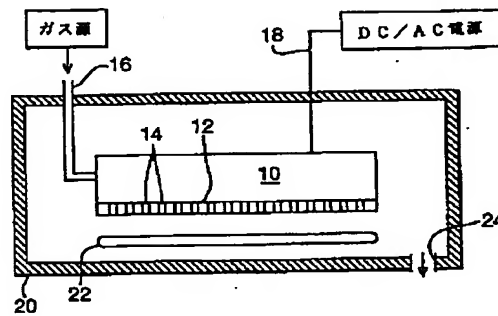
【符号の説明】

- 2 中空陰極アレイ
- 10 ハウジング
- 12 底板
- 14 開口
- 22 基板
- 26、28 マグネットアセンブリ

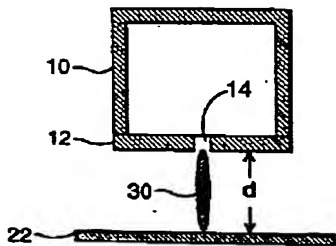
【図1】



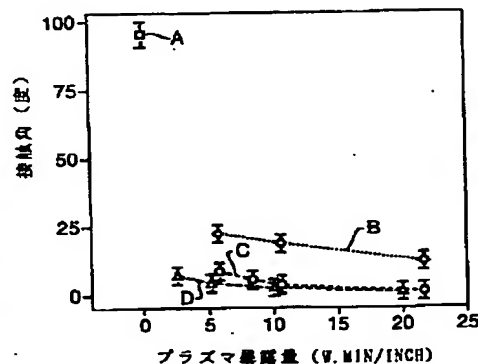
【図2】



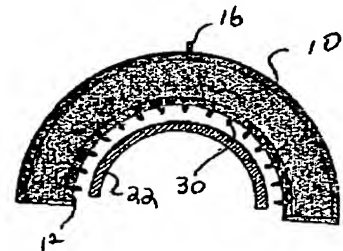
【図4】



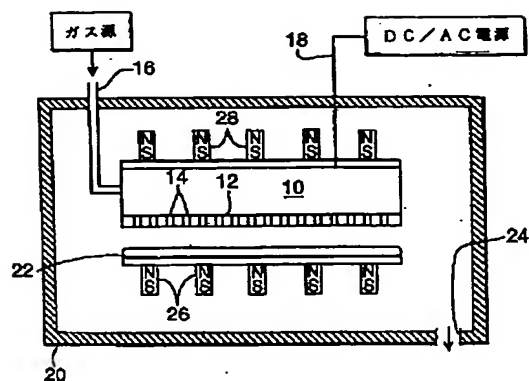
【図6】



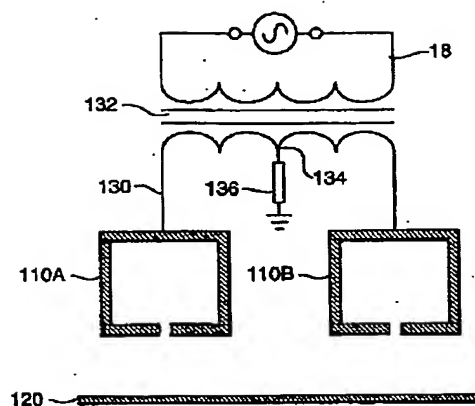
【図9】



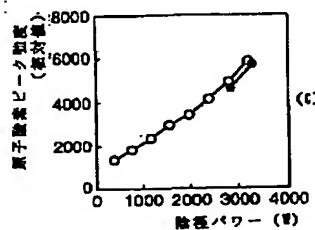
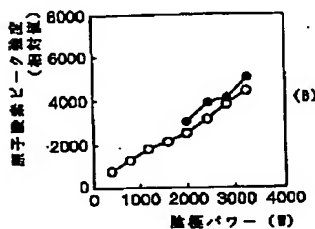
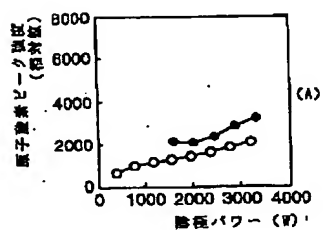
【図3】



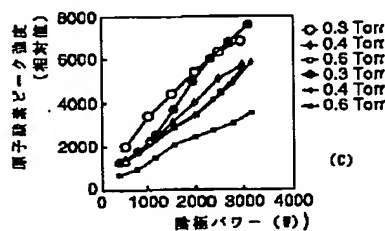
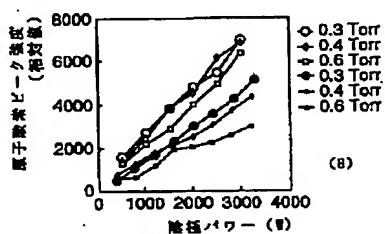
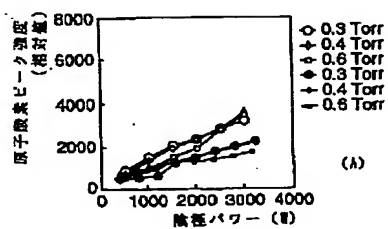
【図5】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 スティーヴン ケイ クローメンフーク
アメリカ合衆国 ニュージャージー州
07940マディソン ベッドフォード コー
ト 18

(72)発明者 イン エイブラハム アイ ベルキン
アメリカ合衆国 ニュージャージー州
07060ノース ブレインフィールド マー
ティンズ ウェイ 184

(72)発明者 ソルタン オーバン ジュニア
アメリカ合衆国 ニュージャージー州
08823フランクリン パーク アムパーリ
ー コート 18

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record.**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.